

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-237582

(P2002-237582A)

(43) 公開日 平成14年8月23日 (2002.8.23)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード\* (参考)

H 0 1 L 27/14

H 0 4 N 5/335

U 4 M 1 1 8

H 0 4 N 5/335

H 0 1 L 27/14

F 5 C 0 2 4

D

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2001-33670(P2001-33670)

(22) 出願日 平成13年2月9日 (2001.2.9)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 引地 邦彦

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(74) 代理人 100089875

弁理士 野田 茂

Fターム(参考) 4M118 AA01 AB01 GD04 GD06

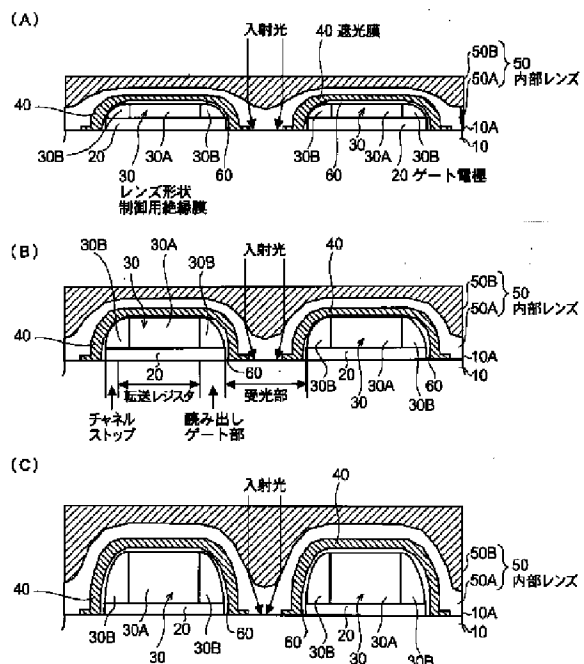
5C024 CX00 CY47 EX43 GY01

(54) 【発明の名称】 固体撮像素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 内部レンズの形状を適正に制御し、ゲート電極と遮光膜との間の容量の制御を行なう。

【解決手段】 フォトセンサや転送レジスタを設けたシリコン基板10上に、絶縁膜10Aを介して転送レジスタを駆動するためのゲート電極20と、レンズ形状制御用絶縁膜30と、転送レジスタを遮光するための遮光膜40とを設け、さらにその上層に内部レンズ50を構成する絶縁膜50Aと高屈折率膜50Bを設けている。そして、レンズ形状制御用絶縁膜30の膜厚を適宜変更することにより、内部レンズ50におけるレンズ形状を変更することができ、受光部への光の入射特性を選択できる。また、レンズ形状制御用絶縁膜30は、ゲート電極20と遮光膜40との間の静電容量を制御でき、転送レジスタの動作特性を改善することが可能である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体基板に受光画素部を構成する複数のフォトセンサと、各フォトセンサに蓄積した信号電荷を転送する転送レジスタとを設け、前記半導体基板上に前記転送レジスタを駆動するゲート電極と、前記ゲート電極への光の入射を規制する遮光膜とを設け、その上層に前記フォトセンサへの光の入射を制御する内部レンズを設けた固体撮像素子において、

前記ゲート電極の上部に前記内部レンズのレンズ形状を制御するための任意の膜厚を有するレンズ形状制御用絶縁膜を設けた、ことを特徴とする固体撮像素子。

【請求項 2】 前記ゲート電極はレンズ形状制御用絶縁膜をマスクとして自己整合的に形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の固体撮像素子。

【請求項 3】 前記レンズ形状制御用絶縁膜は、リソグラフィ及びエッチングにより形成された第 1 の絶縁膜と、前記第 1 の絶縁膜を覆うように形成され、異方性エッチングにより第 1 の絶縁膜の側壁にだけ残るように形成された第 2 の絶縁膜とから構成されていることを特徴とする請求項 2 記載の固体撮像素子。

【請求項 4】 前記ゲート電極、レンズ形状制御用絶縁膜、及び遮光膜とによって半導体基板上に形成される段差により、その上層に形成される前記内部レンズのレンズ形状を制御し、内部レンズの焦点距離を制御することを特徴とする請求項 1 記載の固体撮像素子。

【請求項 5】 半導体基板上にゲート電極となる導電膜を形成する第 1 の工程と、  
前記導電膜上に所定の膜厚を有する第 1 の絶縁膜を形成する第 2 の工程と、  
前記第 1 の絶縁膜を前記ゲート電極の上部領域に対応する部分を残して除去することによりレンズ形状制御用絶縁膜を形成する第 3 の工程と、  
前記レンズ形状制御用絶縁膜をマスクとして前記導電膜を加工してゲート電極を形成する第 4 の工程と、  
前記ゲート電極及びレンズ形状制御用絶縁膜の上層に遮光膜を形成する第 5 の工程と、  
前記遮光膜の上層に内部レンズを形成する第 6 の工程と、  
を有することを特徴とする固体撮像素子の製造方法。

【請求項 6】 前記第 3 の工程は、前記第 1 の絶縁膜を前記ゲート電極の上部領域に対応する部分を残して除去し、ゲート電極よりやや小さいパターンを有するレンズ形状制御用絶縁膜の主絶縁膜部を形成する工程と、  
前記主絶縁膜部の上層に主絶縁膜部を覆う状態で第 2 の絶縁膜を形成する工程と、  
前記第 2 の絶縁膜を前記主絶縁膜部の側壁部分を残して除去し、レンズ形状制御用絶縁膜の側壁部を形成する工程と、  
を有することを特徴とする請求項 5 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 7】 前記第 3 の工程では、リソグラフィとエッチングによって第 1 の絶縁膜を加工し、異方性エッチングによって第 2 の絶縁膜を加工することを特徴とする請求項 6 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 8】 前記第 5 の工程で遮光膜を形成する場合、前記ゲート電極の露出面を絶縁する工程を有することを特徴とする請求項 5 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 9】 前記ゲート電極の露出面を絶縁する工程は、前記ゲート電極の露出面を酸化する工程であることを特徴とする請求項 8 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 10】 前記ゲート電極の露出面を絶縁する工程は、前記ゲート電極の露出面に第 3 の絶縁膜を設ける工程であることを特徴とする請求項 8 記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 11】 前記第 6 の工程は、前記遮光膜の上層に内部レンズの形状を決定する第 4 の絶縁膜を設けた後、リフロー処理を行なう工程を含むことを特徴とする請求項 5 記載の固体撮像素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体基板に設けた受光画素部への光の入射を制御する内部レンズを有する固体撮像素子及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来の CCD 構造を用いた固体撮像素子としては、半導体基板に受光画素部を構成する複数のフォトセンサや信号電荷転送用の転送レジスタ等をいわゆるインライン構造で設けるとともに、この半導体基板上に転送レジスタを駆動するゲート電極と、このゲート電極への光の入射を規制する遮光膜とを設けたものが提供されている。そして、このような固体撮像素子において、転送レジスタのゲート電極を形成する方法としては、例えば多結晶シリコン等の材料を用いた電極膜を半導体基板上に形成し、これをリソグラフィ技術によって加工して所望のパターンを得ようになっている。また、遮光膜を形成する方法としては、ゲート電極上にシリコン酸化膜等を材料とする絶縁膜を設け、この上にアルミニウムやタンゲステン等の遮光膜を形成し、転送レジスタを遮光する。

【0003】そして、このような CCD 固体撮像素子において、フォトセンサによる受光画素部に効果的に光を入射させるべく、遮光膜の上層に内部レンズを設けた構成のものが各種提案されている（特開平 9-64325 号公報、特開平 11-103036 号公報等参照）。例えば、遮光膜の上層に内部レンズの形状を決定する BPSG 等の絶縁膜を設けた後、リフロー処理を行なうことにより、レンズ形状を得るものである。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従

来例において、遮光膜上に内部レンズを設ける場合に、遮光膜上に形成する絶縁膜の形状が、その成膜条件のみならず、ゲート電極によって生じる段差により左右されてしまい、必ずしも所望の形状が得られず、良好な集光状態にならないことがある。また、ゲート電極と遮光膜間には、両者の間に配置される絶縁膜の膜厚によって決まる静電容量が発生するが、ゲート電極に電圧を印加して駆動する際、この静電容量によって撮像素子の中心部においては周辺部より電圧の印加までに時間がかかってしまう、いわゆる伝播遅延が発生することがある。

【0005】そこで本発明の目的は、内部レンズの形状を適正に制御し得るとともに、ゲート電極と遮光膜との間の容量の制御を行なうことも可能な固体撮像素子及びその製造方法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は前記目的を達成するため、半導体基板上に受光画素部を構成する複数のフォトセンサと、各フォトセンサに蓄積した信号電荷を転送する転送レジスタとを設け、前記半導体基板上に前記転送レジスタを駆動するゲート電極と、前記ゲート電極への光の入射を規制する遮光膜とを設け、その上層に前記フォトセンサへの光の入射を制御する内部レンズを設けた固体撮像素子において、前記ゲート電極の上部に前記内部レンズのレンズ形状を制御するための任意の膜厚を有するレンズ形状制御用絶縁膜を設けたことを特徴とする。

【0007】また本発明は、半導体基板上にゲート電極となる導電膜を形成する第1の工程と、前記導電膜上に所定の膜厚を有する第1の絶縁膜を形成する第2の工程と、前記第1の絶縁膜を前記ゲート電極の上部領域に対応する部分を残して除去することによりレンズ形状制御用絶縁膜を形成する第3の工程と、前記レンズ形状制御用絶縁膜をマスクとして前記導電膜を加工してゲート電極を形成する第4の工程と、前記ゲート電極及びレンズ形状制御用絶縁膜の上層に遮光膜を形成する第5の工程と、前記遮光膜の上層に内部レンズを形成する第6の工程とを有することを特徴とする。

【0008】本発明の固体撮像素子では、転送レジスタのゲート電極と遮光膜の間に、内部レンズのレンズ形状を制御するための任意の膜厚を有するレンズ形状制御用絶縁膜を設けた。したがって、このレンズ形状制御用絶縁膜の膜厚を適宜選択して設けることにより、内部レンズのレンズ形状を最適化することができ、フォトセンサに入射する光の集光特性を自在に選択することが可能となる。また、ゲート電極と遮光膜の間に設けたレンズ形状制御用絶縁膜の膜厚を任意に調整することにより、ゲート電極と遮光膜との間に発生する静電容量を低減することができる。

【0009】また本発明の製造方法において、第1の工程では、半導体基板上にゲート電極となる導電膜を形成

し、第2の工程では、導電膜上に所定の膜厚を有する第1の絶縁膜を形成する。次に、第3の工程では、第1の絶縁膜を前記ゲート電極の上部領域に対応する部分を残して除去することによりレンズ形状制御用絶縁膜を形成し、第4の工程では、レンズ形状制御用絶縁膜をマスクとして導電膜を加工してゲート電極を形成する。次に、第5の工程では、前記ゲート電極及びレンズ形状制御用絶縁膜の上層に遮光膜を形成し、その後、第6の工程では、前記遮光膜の上層に内部レンズを形成する。このような製造方法では、レンズ形状制御用絶縁膜をマスクとしてゲート電極を自己整合的に形成することができ、かつ主絶縁膜部を所望の膜厚で形成することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、本発明による固体撮像素子及びその製造方法の実施の形態について説明する。なお、以下に説明する実施の形態は、本発明の好適な具体例であり、技術的に好ましい種々の限定が付されているが、本発明の範囲は、以下の説明において、特に本発明を限定する旨の記載がない限り、これらの態様に限定されないものとする。

【0011】図1(A)(B)(C)は、本発明の実施の形態による固体撮像素子の具体例を示す断面図であり、それぞれ異なる膜厚を有するレンズ形状制御用絶縁膜を設けた例である。本実施の形態による固体撮像素子は、フォトセンサや転送レジスタを設けたシリコン基板10上に、絶縁膜10Aを介して転送レジスタを駆動するためのゲート電極20と、本発明の特徴となるレンズ形状制御用絶縁膜30と、転送レジスタを遮光するための遮光膜40とを設け、さらにその上層に内部レンズ50を構成する絶縁膜50Aと高屈折率膜50Bを設けたものである。なお、シリコン基板10の内部には、図1(B)に示すように、フォトセンサによる受光部、転送レジスタ、チャネルストップ領域、読み出しゲート等が設けられているが、これらは従来と同様の構成であるので、説明は省略する。

【0012】図示のように本形態の固体撮像素子では、レンズ形状制御用絶縁膜30の膜厚を適宜変更することにより、内部レンズ50におけるレンズ形状を変更することができ、受光部への光の入射特性を選択できるものである。また、レンズ形状制御用絶縁膜30は、ゲート電極20と遮光膜40との間の静電容量を制御でき、転送レジスタの動作特性を改善することが可能である。すなわち、ゲート電極と遮光膜間の静電容量は、従来の構造では層間絶縁膜の厚みにより決まるが、本形態の構成では、層間絶縁膜に加えてレンズ形状制御用絶縁膜30があるため静電容量を低減することができる。

【0013】次に、図2、図3は、本発明の実施の形態による固体撮像素子の製造方法を示す断面図である。まず、図2(A)では、シリコン基板10の絶縁膜10A上に、ゲート電極20となる多結晶シリコン等の導電膜

22を形成し、次に、その上面に所定の膜厚を有するシリコン酸化膜等による第1の絶縁膜32を形成する。ここでは、成長速度が早く、生産性の高い常圧化学的気相成長法等を用いて成膜する。この第1の絶縁膜32の膜厚に基づいてレンズ形状制御用絶縁膜30の膜厚が決定される。次に、図2(B)では、リソグラフィとエッチングによって第1の絶縁膜32をゲート電極の上部領域に対応する部分を残して除去し、ゲート電極よりやや小さいパターンを有するレンズ形状制御用絶縁膜30の主絶縁膜部30Aを形成する。次に、図2(C)では、主絶縁膜部30Aの上層に、この主絶縁膜部30Aを覆う状態でシリコン酸化膜等の第2の絶縁膜34を形成する。

【0014】次に、図2(D)では、異方性エッチングによって第2の絶縁膜34を主絶縁膜部30Aの側壁部分を残して除去し、レンズ形状制御用絶縁膜30の側壁部30Bを形成する。次に、図2(E)では、上述のような主絶縁膜部30Aと側壁部30Bとからなるレンズ形状制御用絶縁膜30をマスクとしてエッチングを行ない、導電膜22を加工してゲート電極20を形成する。このような工程により、自己整合的にゲート電極20を形成することが可能であり、主絶縁膜部30Aのパターンをリソグラフィ限界寸法で形成すれば、側壁部30Bによりリソグラフィ限界寸法よりもゲート電極間の隙間を微細化することができ、電荷転送効率を向上することができる。なお、本例のように第2の絶縁膜34によって側壁部30Bを設けることは必須ではなく、主絶縁膜部30Aのみをマスクとしてゲート電極20を加工することもできる。

【0015】次に、図3(F)では、ゲート電極20の露出部を絶縁する。これは、図示のようにゲート電極20及びレンズ形状制御用絶縁膜30の上層に層間絶縁膜(第3の絶縁膜)60を形成するか、あるいは、ゲート電極20の露出面を酸化することにより行なう。そして、このゲート電極20やレンズ形状制御用絶縁膜30等の上層にアルミニウムやタンガステン等の遮光膜40を形成し、転送レジスタを遮光するとともに、受光領域に対応した開口部を開く。次に、図3(G)では、さらに上層に内部レンズ50を構成する第4の絶縁膜50Aを形成し、レンズ形状を形成する。すなわち、所定の濃度でホウ素や燐を含むBPSG等の絶縁膜を設けた後、リフロー処理を行なうことでレンズ形状を得る。この際、レンズ形状制御用絶縁膜30の膜厚によってリフロー処理によるレンズ形状が決定することになる。

【0016】次に、図3(G)では、絶縁膜50Aの上層に高屈折率材料を充填塗布し、高屈折率膜50Bを設ける。この内部レンズ50に埋め込む高屈折率材料は、プラズマ化学的気相成長法による窒化シリコン膜やポリイミド等の有機材料を用いる。窒化シリコン膜を使用した成膜後に生じた段差は、フォトリソストを塗布した

後、エッチングを施すことにより平坦化できる。また、有機材料ではスピンコート法により塗布することで表面を平坦化することができる。この方法では、内部レンズを下で凸、上で平坦型にするが、高屈折率材料の埋め込み後に、フォトリソストでマイクロレンズパターンを形成した後、エッチングを施すことで、下で凸型、上で凹型にすることもできる。また、内部レンズに高屈折率材料を用いず、遮光膜上の層間絶縁膜そのものか、または層間絶縁膜と同じ屈折率の材料で埋め込むこともできる。この場合は、内部レンズ効果はなくなるため、入射光が遮光膜表面で反射した受光部に入射する角度で遮光膜を形成する必要がある、これは側壁部30Bの形状により制御することが可能である。このような工程の後、さらに上層に、図示しないパッシベーションあるいは平坦化膜、カラーフィルタ、マイクロレンズなどを形成し、CCD固体撮像素子が完成する。

【0017】以上のような本実施の形態による固体撮像素子では、導電膜上に所望の膜厚のレンズ形状制御用絶縁膜30を形成してからゲート電極20を加工することにより、内部レンズ形状を最適化することができる。またゲート電極20と遮光膜40との間の静電容量を低減することができるので、CCD固体撮像素子大型化、ゲート電極のパターン微細化による素子中心部の電荷遅延を防ぐことができる。また、本実施の形態による固体撮像素子の製造方法では、レンズ形状制御用絶縁膜30をマスクとしてゲート電極20を自己整合で形成することができるため、第1の絶縁膜32による主絶縁膜部30Aのパターンをリソグラフィ限界寸法で形成すれば、第2の絶縁膜34による側壁部30Bによるリソグラフィ限界寸法よりもゲート電極20の間の隙間を微細化することができ、電荷転送効率を向上することができる。

#### 【0018】

【発明の効果】以上説明したように本発明による固体撮像素子では、ゲート電極の上部に前記内部レンズのレンズ形状を制御するための任意の膜厚を有するレンズ形状制御用絶縁膜を設けた。したがって、本発明の固体撮像素子においては、レンズ形状制御用絶縁膜の膜厚を適宜選択して設けることにより、内部レンズのレンズ形状を最適化することができ、フォトセンサに入射する光の集光特性を自在に選択することが可能となる。また、ゲート電極と遮光膜の間に設けたレンズ形状制御用絶縁膜の膜厚を任意に調整することにより、ゲート電極と遮光膜との間に発生する静電容量を低減することができる。

【0019】また本発明による固体撮像素子の製造方法では、半導体基板上にゲート電極となる導電膜を形成した後、この導電膜上に所定の膜厚を有する第1の絶縁膜を形成し、この第1の絶縁膜をゲート電極の上部領域に対応する部分を残して除去することによりレンズ形状制御用絶縁膜を形成する。そして、このレンズ形状制御用絶縁膜をマスクとして導電膜を加工してゲート電極を形

成し、その上層に遮光膜、内部レンズを順次形成するようにした。したがって、本発明の製造方法においては、レンズ形状制御用絶縁膜をマスクとしてゲート電極を自己整合で形成することができるため、第1の絶縁膜による主絶縁膜部のパターンをリソグラフィ限界寸法で形成することにより、ゲート電極間の隙間を微細化することができ、電荷転送効率を向上することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態による固体撮像素子の具体例を示す断面図であり、それぞれ異なる膜厚を有するレ

ンズ形状制御用絶縁膜を設けた例である。

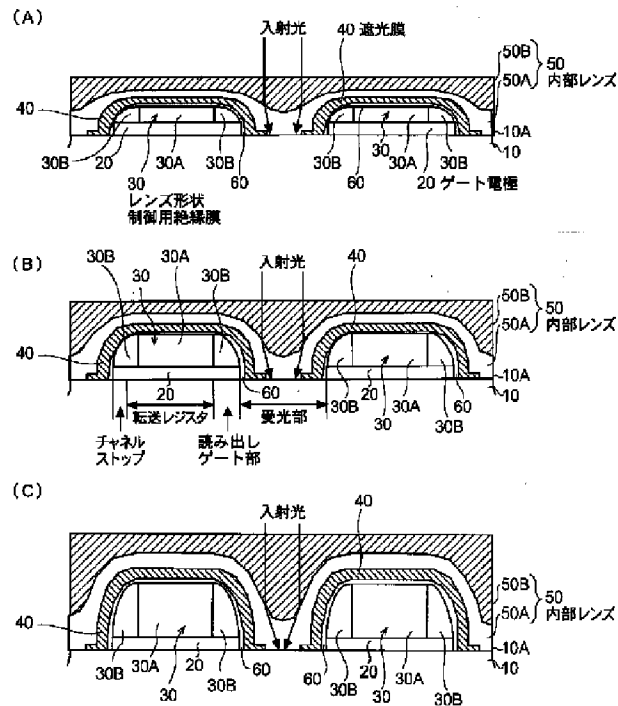
【図2】 図1に示す固体撮像素子の製造方法を示す断面図である。

【図3】 図1に示す固体撮像素子の製造方法を示す断面図である。

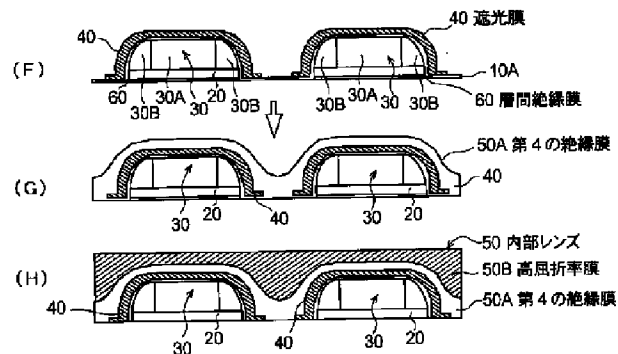
【符号の説明】

10……シリコン基板、20……ゲート電極、30……レンズ形状制御用絶縁膜、30A……主絶縁膜部、30B……側壁部、32……第1の絶縁膜、34……第2の絶縁膜、40……遮光膜、50……内部レンズ。

【図1】



【図3】



【図2】

